مسائل تدريبية

1-8 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 37-44)

صفحة 39

1. ما الطول الموجي لموجة صوتية ترددها 18 Hz تتحرك في هواء درجة حرارته (20°C)؟ (يُعد هذا التردد من أقل الترددات التي يمكن للأذن البشرية سماعها).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343\ \text{m/s}}{18\ \text{Hz}} = 19\ \text{m}$$

2. إذا وقفت عند طرف وادٍ وصرخت، وسمعت الصدى بعد مرور 0.80 s، فما عرض هذا الوادي؟

$$v = \frac{d}{t}$$

لذا فإن

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(0.40\ \text{s}) = 140\ \text{m}$$

3. تنتقل موجة صوتية ترددها 2280 Hz وطولها الموجي 0.655 m، في وسط غير معروف. حدّد نوع الوسط.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

لذا فإن

$$v = \lambda f = (0.655\ \text{m})(2280\ \text{Hz})$$
$$= 1490\ \text{m/s}$$

وتقابل هذه السرعة سرعة الصوت في الماء عند 25°C.

صفحة 43

4. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s في اتجاه صفارة إنذار. إذا كان تردد صوت الصفارة 365 Hz، فما التردد الذي ستسمعه؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 365\ \text{Hz}, v_s = 0,$$
$$v_d = -25.0\ \text{m/s}$$
$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (365\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} + 25.0\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s}}\right)$$
$$= 392\ \text{Hz}$$

5. افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة 24.6 m/s، وتتحرك سيارة أخرى في اتجاهك بالسرعة نفسها. فإذا انطلق المنبه فيها بتردد 475 Hz، فما التردد الذي ستسمعه؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 475\ \text{Hz}, v_s = +24.6\ \text{m/s}$$
$$v_d = -24.6\ \text{m/s}$$
$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (475\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} + 24.6\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 24.6\ \text{m/s}}\right)$$
$$= 548\ \text{Hz}$$

6. تتحرك غوّاصة في اتجاه غوّاصة أخرى بسرعة 9.20 m/s، وتصدر موجات فوق صوتية بتردد 3.50 MHz. ما التردد الذي تلتقطه الغوّاصة الأخرى وهي ساكنة؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الماء 1482 m/s.

$$v = 1482\ \text{m/s}, f_s = 3.50\ \text{MHz}$$
$$v_s = 9.20\ \text{m/s}, v_d = 0\ \text{m/s}$$
$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (3.50\ \text{MHz})\left(\frac{1482\ \text{m/s}}{1482\ \text{m/s} - 9.20\ \text{m/s}}\right)$$
$$= 3.52\ \text{MHz}$$

7. يرسل مصدر صوت موجات بتردد 262 Hz. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها المصدر لتزيد حدّة الصوت إلى 271 Hz؟ علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء 343 m/s.

$$v = 343\ \text{m/s}, f_s = 262\ \text{Hz}, f_d = 271\ \text{Hz}$$
$$v_d = 0\ \text{m/s}$$

أما v_s فهي كمية غير معروفة القيمة.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

حل المعادلة السابقة بالنسبة إلى v_s.

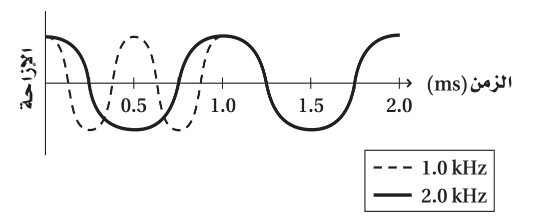
$$v_s = v - \frac{f_s}{f_d}(v - v_d)$$
$$= 343\ \text{m/s} - \left(\frac{262\ \text{Hz}}{271\ \text{Hz}}\right)(343\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s})$$
$$= 11.4\ \text{m/s}$$

مراجعة القسم

8-1 خصائص الصوت والكشف عنه (صفحة 44-37)

صفحة 44

8. رسم بياني تتحرك طبلة الأذن إلى الخلف وإلى الأمام استجابة لتغيرات ضغط موجات الصوت. مثّل بيانيًّا العلاقة بين إزاحة طبلة الأذن والزمن لدورتين لنغمة ترددها 1.0 kHz، ولدورتين لنغمة ترددها 2.0 kHz.



9. تأثير الوسط اذكر خصيصتين من خصائص الصوت تتأثران بالوسط الذي تتحرك فيه موجة الصوت، وخصيصتين من الخصائص التي لا تتأثر بالوسط.

الخصيصتان اللتان تتأثران: السرعة والطول الموجي، أما الخصيصتان اللتان لا تتأثران فهما الزمن الدوري والتردد.

10. خصائص الصوت ما الخصيصة الفيزيائية التي يجب تغييرها لموجة صوت حتى تتغير حدّة الصوت؟ وما الخصيصة التي يجب تغييرها حتى يتغير علوّ الصوت؟

التردد، السعة

11. مقياس الديسبل ما نسبة مستوى ضغط صوت جزازة العشب (110 dB) إلى مستوى ضغط صوت محادثة عادية (50 dB)؟

يزداد مستوى ضغط الصوت 10 مرات مقابل كل زيادة مقدارها 20 dB في مستوى الصوت؛ لذا فإن 60 dB تقابل زيادة مقدارها 1000 ضعف في مستوى ضغط الصوت.

12. الكشف المبكر كان الناس في القرن التاسع عشر يضعون آذانهم على مسار سكة الحديد ليترقّبوا وصول القطار. لماذا تُعد هذه الطريقة نافعة؟

إن سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر من سرعته في الغازات. لذا تنتقل موجات الصوت بسرعة أكبر في القضبان الفولاذية مقارنة بسرعة انتقالها في الهواء. وتساعد القضبان على عدم انتشار طاقة الموجات الصوتية على مساحة أكبر؛ لذا لا يتلاشى الصوت بسرعة كما يحدث له في الهواء.

13. الخفافيش يرسل الخفاش نبضات صوت قصيرة بتردد عالٍ ويستقبل الصدى. ما الطريقة التي يميز بها الخفاش بين:

a. الصدى المرتد عن الحشرات الكبيرة والصدى المرتد عن الحشرات الصغيرة إذا كانت على البعد نفسه منه؟

سيختلفان في الشدة، حيث تعكس الحشرات الأكبر طاقةً صوتية أكبر في اتجاه الخفاش.

b. الصدى المرتد عن حشرة طائرة مقتربة منه والصدى المرتد عن حشرة طائرة مبتعدة عنه؟

إن الحشرة التي تطير نحو الخفاش تعيد الصدى بتردد أكبر (انزياح دوبلر)، أما الحشرة التي تطير مبتعدة عن الخفاش فستعيد الصدى بتردد أقل.

14. التفكير الناقد هل يستطيع شرطي يقف على جانب الطريق استخدام الرادار لتحديد سرعة سيارة في اللحظة التي تمر فيها أمامه؟ وضح ذلك.

لا، يجب أن تتحرك السيارة مقتربة أو مبتعدة عن المراقب لملاحظة تأثير دوبلر؛ حيث لا تنتج الحركة المستعرضة أي أثر لتأثير دوبلر.

مسائل تدريبية

2-8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 45-53)

صفحة 51

15. إذا وضعت شوكة رنانة تهتز بتردّد 440 Hz فوق أنبوب مغلق، فأوجد الفواصل بين أوضاع الرنين عندما تكون درجة حرارة الهواء 20 °C.

الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي $\frac{\lambda}{2}$. وعند استخدام العلاقة التالية: $\lambda = \frac{v}{f}$ فإن الفواصل بين أوضاع الرنين تساوي:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{343\ \text{m/s}}{(2)(440\ \text{Hz})} = 0.39\ \text{m}$$

16. استخدمت شوكة رنانة تهتز بتردد 440 Hz مع عمود رنين لتحديد سرعة الصوت في غاز الهيليوم. فإذا كانت الفواصل بين أوضاع الرنين 110 cm، فما سرعة الصوت في غاز الهيليوم؟

الفواصل بين أوضاع الرنين = $\frac{\lambda}{2} = 1.1\ \text{m}$

لذا فإن

$$\lambda = 2.2\ \text{m}$$

$$v = \lambda f = (2.2\ \text{m})(440\ \text{Hz}) = 970\ \text{m/s}$$

17. استخدم طالب عمود هواء عند درجة حرارة 27 °C، ووجد فواصل بين أوضاع الرنين بمقدار 20.2 cm. ما تردّد الشوكة الرنانة؟ استخدم سرعة الصوت في الهواء المحسوبة في المثال 2 عند درجة الحرارة 27 °C .

$$v = 347\ \text{m/s}$$

وذلك عند 27 °C

ومن خلال الفواصل بين أوضاع الرنين نحصل على

$$\frac{\lambda}{2} = 0.202\ \text{m}$$

أو

$$\lambda = 0.404\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{347\ \text{m/s}}{0.404\ \text{m}} = 859\ \text{Hz}$$

مراجعة القسم

2-8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار (صفحة 45-53)

صفحة 53

18. **مصادر الصوت** ما الشيء المهتز الذي ينتج الأصوات في كل ممّا يلي؟

a. الصوت البشري

الحبال الصوتية

b. صوت المذياع

غشاء رقيق (غشاء السماعة)

19. **الرنين في الأنابيب المفتوحة** ما النسبة بين طول الأنبوب المفتوح والطول الموجي للصوت لإنتاج الرنين الأول؟

طول الأنبوب يساوي نصف الطول الموجي.

20. **الرنين في الأوتار** يصدر وتر نغمة حادة ترددها 370 Hz. ما ترددات الإيقاعات الثلاثة اللاحقة الناتجة بهذه النغمة؟

إيقاعات الوتر تساوي أعدادًا صحيحة مضروبة في التردد الأساسي، وعليه فإن ترددات الإيقاعات هي:

$$f_2 = 2f_1 = (2)(370\ \text{Hz}) = 740\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(370\ \text{Hz}) = 1110\ \text{Hz} = 1100\ \text{Hz}$$

$$f_4 = 4f_1 = (4)(370\ \text{Hz}) = 1480\ \text{Hz} = 1500\ \text{Hz}$$

21. **الرنين في الأنابيب المغلقة** يبلغ طول أنبوب مغلق 2.40 m. ما تردد النغمة التي يصدرها هذا الأنبوب؟

$$\lambda = 4L$$
$$= (4)(2.40\ \text{m})$$
$$= 9.60\ \text{m}$$
$$\lambda = \frac{v}{f}$$
$$f = \frac{v}{\lambda}$$
$$= \frac{343\ \text{m/s}}{9.60\ \text{m}}$$
$$= 35.7\ \text{Hz}$$

22. **التفكير الناقد** اضرب شوكة رنانة بمطرقة مطاطية واحملها بحيث تكون ذراعك ممدودة، ثم اضغط بمقبضها على طاولة، وباب، وخزانة، وأجسام أخرى. فما الذي تسمعه؟ ولماذا؟

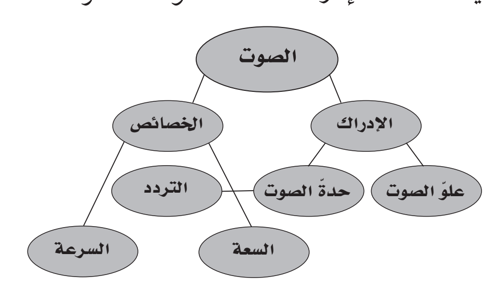
يتضخم صوت الشوكة الرنانة كثيرًا عندما تضغط بمقبضها على أجسام أخرى؛ لأن هذه الأجسام تولّد رنينًا كاللوحات الصوتية. وتختلف الأصوات الناتجة من جسم إلى آخر؛ لأن كلاًّ منها يولّد رنينًا مع ترددات وإيقاعات مختلفة؛ لذا يكون لها طابع صوت مختلف.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 58

23. أكمل الخريطة المفاهيمية أدناه باستخدام المصطلحات التالية: السعة، الإدراك، حدّة الصوت، السرعة.



إتقان المفاهيم

صفحة 58

24. ما الخصائص الفيزيائية لموجات الصوت؟ (8-1)

يمكن وصف الموجات الصوتية بواسطة التردد، والطول الموجي، والسعة، والسرعة.

25. عند قياس زمن الركض لمسافة 100 m يبدأ المراقبون عند خط النهاية تشغيل ساعات الإيقاف لديهم عند رؤيتهم دخانًا يتصاعد من المسدس الذي يشير إلى بدء السباق، وليس عند سماعهم صوت الإطلاق. فسِّر ذلك. وما الذي يحدث لقياس زمن الركض إذا ابتدأ التوقيت عند سماع الصوت؟ (8-1)

ينتقل الضوء بسرعة 3.00×10^{8} m/s، في حين ينتقل الصوت في الهواء بسرعة 343 m/s. لذا سيرى المراقبون الدخان قبل سماع صوت إطلاق المسدس. وسيكون الزمن أقل من الزمن الفعلي لو اعتمد على سماع الصوت.

26. اذكر نوعين من أنواع إدراك الصوت والخصائص الفيزيائية المرتبطة معهما. (8-1)

الحدّة — التردد؛ العلوّ — السعة.

27. هل يحدث انزياح دوبلر لبعض أنواع الموجات فقط أم لجميع أنواع الموجات؟ (8-1)

لجميع أنواع الموجات.

28. الموجات فوق الصوتية موجات صوتية تردداتها أعلى من تلك التي تسمع بالأذن البشرية، وتنتقل هذه الموجات خلال الجسم البشري. كيف يمكن استخدام الموجات فوق الصوتية لقياس سرعة الدم في الأوردة أو الشرايين؟ وضح كيف تتغير الموجات لتجعل هذا القياس ممكنًا. (1–8)

يستطيع الأطباء قياس انزياح دوبلر من الصوت المنعكس عن خلايا الدم المتحركة. ولأن الدم يتحرك، لذا يحدث انزياح دوبلر لهذا الصوت، وتتقارب الانضغاطات أو تتباعد، مما يؤدي إلى تغيير تردد الموجة.

29. ما الضروري لتوليد الصوت وانتقاله؟ (2–8)

توافر جسم يهتز ووسط مادي.

30. **المشاة** عند وصول جنود المشاة في الجيش إلى جسر فإنهم يسيرون على الجسر بخطوات غير منتظمة. فسّر ذلك. (2–8)

عندما يسير الجنود بخطوات منتظمة ينشأ تردد معين يؤدي إلى اهتزاز الجسر بالتردد نفسه؛ أي يحدث رنين مع الجسر؛ مما يؤدي إلى زيادة سعة اهتزازه ومن ثم انهياره. ولا يكون هناك تضخيم لتردد معين عندما يسيرون بخطوات غير منتظمة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 59–58

31. **التقدير** لتقدير المسافة بينك وبين وميض برق بالكيلومترات، عُدّ الثواني بين رؤية الوميض وسماع صوت الرعد، واقسم على 3. وضح كيف تعمل هذه القاعدة.

إن سرعة الصوت تساوي:

$343\ m/s = 0.343\ km/s = (1/2.92)\ km/s$، أو ينتقل الصوت تقريبًا 1 km خلال 3 s؛ لذا قسّم عدد الثواني على 3. أما بالنسبة إلى وحدة الميل فإن الصوت ينتقل تقريبًا 1 mile خلال زمن مقداره 5 s؛ لذا قسّم عدد الثواني على 5.

32. تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6 m/s لكل درجة سلسيوس عند ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار درجة واحدة. ماذا يحدث لكل مما يلي بالنسبة لصوتٍ ما عند ارتفاع درجة الحرارة؟

a. التردد

لا يوجد تغير في التردد.

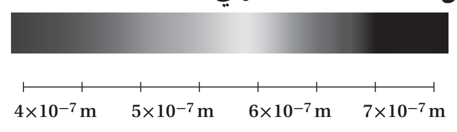
b. الطول الموجي

يزداد الطول الموجي.

33. **الأفلام** انفجر قمر اصطناعي في فيلم خيال علمي؛ حيث سمع الطاقم في مركبة فضائية قريبة من الانفجار صوته وشاهدوه فورًا. إذا اخترت مستشارًا فما الخطآن الفيزيائيان اللذان تلاحظهما ويتعين عليك تصحيحهما؟

أولاً: إذا سمعت صوتًا فإنك ستسمعه بعد رؤيتك للانفجار؛ فموجات الصوت تنتقل أبطأ كثيرًا من الموجات الكهرومغناطيسية. ثانيًا: كثافة المادة في الفضاء قليلة جدًا، إلى الحد الذي لا تنتشر معه موجات الصوت لذا لن يسمع أي صوت.

34. **الانزياح نحو الأحمر** لاحظ الفلكيون أن الضوء القادم من المجرات البعيدة يبدو مزاحًا نحو الأحمر أكثر من الضوء القادم من المجرات القريبة. فسّر لماذا استنتج الفلكيون أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة عن الأرض، اعتمادًا على **الشكل 17–8** للطيف المرئي.



■ **الشكل 17–8**

للضوء الأحمر طول موجي أكبر، لذا فإن تردده أقل من تردد الألوان الأخرى. أما بالنسبة إلى انزياح دوبلر للضوء القادم من المجرات البعيدة نحو الترددات المنخفضة (اللون الأحمر) فيشير ذلك إلى أن تلك المجرات تتحرّك مبتعدة عنا.

35. يبلغ مستوى صوت 40 dB. فهل تغيُّر ضغطه أكبر 100 مرة من عتبة السمع، أم 40 مرة؟

للصوت 40 dB ضغط صوت أكبر 100 مرة.

36. إذا ازدادت حدّة الصوت، فما التغير الذي يحدث لكل مما يلي؟

a. التردد

يزداد التردد.

b. الطول الموجي

يقل الطول الموجي.

c. سرعة الموجة

تبقى سرعة الموجة نفسها.

d. سعة الموجة

تبقى السعة نفسها.

37. تزداد سرعة الصوت بازدياد درجة الحرارة. هل تزداد حدّة صوت أنبوب مغلق عند ارتفاع درجة حرارة الهواء أم تقل؟ افترض أن طول الأنبوب لا يتغير.

$\lambda = 4L$ و $v = \lambda f$، لذا فإن $v = 4fL$. إذا ازدادت v وبقيت L ثابتة فإن f تزداد، وتزداد حدّة الصوت أيضًا.

38. يولّد أنبوب مغلق نغمة معينة، فإذا أُزيلت السدادة من نهايته المغلقة ليصبح أنبوبًا مفتوحًا فهل تزداد حدّة الصوت أم تقل؟

تزداد حدّة الصوت؛ حيث يكون التردد أكبر بمقدار الضعف للأنبوب المفتوح مقارنة بالأنبوب المغلق.

إتقان حل المسائل

صفحة 61–59

1–8 خصائص الصوت والكشف عنه

صفحة 60–59

39. إذا سمعت صوت إطلاق قذيفة من مدفع بعيد بعد 5.0 s من رؤيتك للوميض فما بُعد المدفع عنك؟

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(5.0\ \text{s}) = 1.7\ \text{km}$$

40. إذا صِحت في وادٍ وسمعت الصدى بعد 3.0 s، فما مقدار عرض الوادي؟

المسافة الكلية المقطوعة تساوي

$$d = vt = (343\ \text{m/s})(3.0\ \text{s})$$

أما المسافة بينك وبين الجانب الآخر للوادي فتساوي:

$$\frac{1}{2}(343\ \text{m/s})(3.0\ \text{s}) = 5.1\times10^{2}\ \text{m}$$

41. إذا انتقلت موجة صوت تردُّدها 4700 Hz في قضيب فولاذي، وكانت المسافة بين التضاغطات المتتالية هي 1.1 m، فما سرعة الموجة؟

$$v = \lambda f = (1.1\ \text{m})(4700\ \text{Hz}) = 5200\ \text{m/s}$$

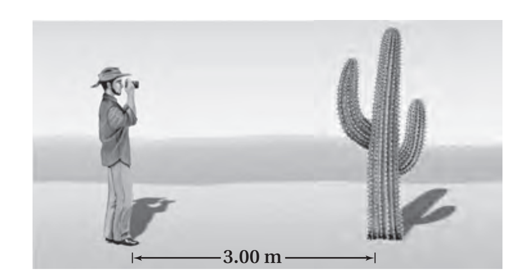
42. الخفافيش يرسل الخفاش موجات صوتية طولها الموجي 3.5 mm. ما تردد الصوت في الهواء؟

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{0.0035\ \text{m}} = 9.8\times10^{4}\ \text{Hz}$$

43. يتقل صوت تردده 261.6 Hz خلال ماء درجة حرارته 25 °C. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الماء. (لا تخلط بين الموجات الصوتية المتحركة خلال الماء والموجات السطحية المتحركة فيه).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1493\ \text{m/s}}{261.6\ \text{Hz}} = 5.707\ \text{m}$$

44. التصوير الفوتوجرافي تحدّد بعض الكاميرات بُعد الجسم عن طريق إرسال موجة صوت وقياس الزمن الذي يحتاج إليه الصدى للعودة إلى الكاميرا، كما يبين **الشكل 18–8**. ما الزمن الذي تحتاج إليه موجة الصوت حتى تعود إلى الكاميرا إذا كان بعد الجسم عنها يساوي 3.00 m؟



■ **الشكل 18–8**

المسافة الكلية التي يجب أن يقطعها الصوت تساوي

6.00 m

$$v = \frac{d}{t}$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v} = \frac{6.00\ \text{m}}{343\ \text{m/s}} = 0.0175\ \text{s}$$

45. إذا كان الطول الموجي لموجات صوت ترددها 2.40×10^{2} Hz في ماء نقي هو 3.30 m فما سرعة الصوت في هذا الماء؟

$$v = \lambda f = (3.30\ \text{m})(2.40\times10^{2}\ \text{Hz})$$
$$= 7.92\times10^{2}\ \text{m/s}$$

46. يتنقل صوت تردّده 442 Hz خلال قضيب حديد. أوجد الطول الموجي لموجات الصوت في الحديد.

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{5130\ \text{m/s}}{442\ \text{Hz}} = 11.6\ \text{m}$$

47. الطائرة النفاثة يعمل موظف في المطار بالقرب من طائرة نفاثة على وشك الإقلاع، فتأثر بصوت مستواه 150 dB.

a. إذا وضع الموظف أداة حماية للأذن تخفض مستوى الصوت إلى حد صوت النشيد الوطني المدرسي فما مقدار الانخفاض في المستوى؟

إن مستوى صوت النشيد 110 dB، لذا يتطلب تخفيضًا بمقدار 40 dB.

b. إذا سمع الموظف صوتًا مثل الهمس لا يكاد يُسمع إلا بصعوبة فما الذي يسمعه شخص لا يضع أداة الحماية على أذنيه؟

إن الهمس الذي يكاد يكون مسموعًا له مستوى صوت 10 dB، لذا فإن المستوى الفعلي سيكون 50 dB، أو مماثلا لمستوى متوسط صوت طلاب صف دراسي.

48. النشيد تُنشد فرقة نشيد بصوت مستواه 80 dB. ما مقدار الزيادة في ضغط الصوت لفرقة أخرى تُنشد بالمستويات التالية؟

a. 100 dB

كل زيادة مقدارها 20 dB تؤدي إلى زيادة في الضغط مقدارها 10 مرات؛ لذا ينتج ضغط أكبر 10 مرات.

b. 120 dB

$10 \times 10 = 100$ ؛ أي 100 مرة ضغط أكبر

49. يهتز ملف نابضي للعبة بتردد 4.0 Hz بحيث تظهر موجات موقوفة بطول موجي 0.50 m. ما سرعة انتشار الموجة؟

$$v = \lambda f = (0.50\ \text{m})(4.0\ \text{s}^{-1}) = 2.0\ \text{m/s}$$

50. يجلس مشجع في مباراة كرة قدم على بُعد 152 m من حارس المرمى في يوم دافئ درجة حرارته 30 °C. احسب مقدار:

a. سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 30 °C.

تزداد السرعة بمعدل 0.6 m/s لكل 1°C، لذا فإنه عند ارتفاع درجة الحرارة من 20°C حتى 30°C، تكون الزيادة في السرعة 6 m/s. لذا تصبح السرعة تساوي

$$343 + 6 = 349\ \text{m/s}$$

b. الزمن الذي يحتاج إليه المشجع ليسمع صوت ضرب الكرة بعد مشاهدته لضرب الحارس لها.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{152\ \text{m}}{349\ \text{m}} = 0.436\ \text{s}$$

51. وقف شخص على بُعد d من جرف صخري، كما يبين **الشكل 19–8** فإذا كانت درجة الحرارة 15 °C، وصفّق الشخص بيديه فسمع صدى الصوت بعد 2.0 s، فما بُعد الجرف الصخري؟



■ **الشكل 19–8**

عند درجة حرارة 15°C تكون سرعة الصوت أبطأ بمقدار 3 m/s، مقارنة بسرعة الصوت عند درجة حرارة 20°C؛ لذا فإن سرعة الصوت تصبح 340 m/s عند درجة الحرارة تلك.

$$v = 340\ \text{m/s}$$

و

$$2t = 2.0\ \text{s}$$

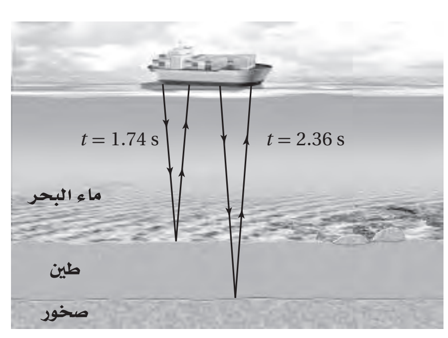
$$d = vt = (340\ \text{m/s})(1.0\ \text{s}) = 3.4 \times 10^2\ \text{m}$$

52. التصوير الطبي تستخدم موجات فوق صوتية بتردّد 4.25 MHz للحصول على صور للجسم البشري. فإذا كانت سرعة الصوت في الجسم مماثلة لسرعته في الماء المالح وهي 1.50 km/s، فما الطول الموجي لموجة ضغط تردُّدها 4.25 MHz في الجسم؟

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1.50 \times 10^3\ \text{m/s}}{4.25 \times 10^6\ \text{Hz}}$$

$$= 0.353\ \text{mm}$$

53. **السونار** تمسح سفينة قاع المحيط بإرسال موجات سونار مباشرة من السطح إلى أسفل سطح الماء، كما يبين **الشكل 20–8**. وتستقبل السفينة الانعكاس الأول عن الطين عند القاع بعد زمن مقداره 1.74 s من إرسال الموجات. ويصل الانعكاس الثاني عن الصخور تحت الطين بعد 2.36 s. فإذا كانت درجة حرارة ماء المحيط 25 °C، وسرعة الصوت في الطين 1875 m/s، فاحسب ما يلي:



■ **الشكل 20–8**

a. عمق الماء.

سرعة الصوت في ماء البحر تساوي 1533 m/s، وزمن رحلة الصوت خلال الذهاب أو الإياب فقط يساوي 0.87 s، لذا فإن:

$$d_{\text{الماء}} = vt_{\text{الماء}}$$
$$= (1533\ \text{m/s})(0.87\ \text{s})$$
$$= 1300\ \text{m}$$

b. سمك طبقة الطين.

مقدار زمن رحلة الصوت ذهابًا وإيابًا خلال طبقة الطين يساوي

$$2.36\ \text{s} - 1.74\ \text{s} = 0.62\ \text{s}$$

مقدار زمن رحلة الصوت ذهابًا أو إيابًا فقط خلال طبقة الطين يساوي 0.31 s، لذا فإن

$$d_{\text{الطين}} = vt_{\text{الطين}}$$
$$= (1875\ \text{m/s})(0.31\ \text{s})$$
$$= 580\ \text{m}$$

54. تتحرك سيارة إطفاء بسرعة 35 m/s، وتتحرك حافلة أمام سيارة الإطفاء في الاتجاه نفسه بسرعة 15 m/s. فإذا انطلقت صفارة إنذار سيارة الإطفاء بتردد 327 Hz فما التردّد الذي يسمعه سائق الحافلة؟

$$v_s = 35\ \text{m/s},\ v = 343\ \text{m/s},\ v_d = 15\ \text{m/s},$$

$$f_s = 327\ \text{Hz}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= (327\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s} - 15\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 35\ \text{m/s}}\right) = 350\ \text{Hz}$$

55. يتحرك قطار في اتجاه مراقب صوت، وعندما كانت سرعته 31 m/s انطلقت صفارته بتردد 305 Hz. ما التردد الذي يستقبله المراقب في كل حالة مما يلي:

a. المراقب ثابت.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 0)}{343\ \text{m/s} - 31.0\ \text{m/s}}$$
$$= 335\ \text{Hz}$$

b. المراقب يتحرك في اتجاه القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - (-21.0\ \text{m/s}))}{343\ \text{m/s} - 31.0\ \text{m/s}}$$
$$= 356\ \text{Hz}$$

56. إذا تحرك القطار في المسألة السابقة مبتعدًا عن المراقب فما التردد الذي يستقبله الكاشف في كل حالة مما يلي:

a. المراقب ثابت.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$
$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 0)}{343\ \text{m/s} - (-31.0\ \text{m/s})}$$
$$= 2.80\times10^{2}\ \text{Hz}$$

b. المراقب يتحرك مبتعدًا عن القطار بسرعة 21.0 m/s.

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

$$= \frac{(305\ \text{Hz})(343\ \text{m/s} - 21.0\ \text{m/s})}{343\ \text{m/s} - (-31.0\ \text{m/s})}$$

$$= 2.63\times10^2\ \text{Hz}$$

2–8 الرنين في الأعمدة الهوائية والأوتار

صفحة 61–60

57. أنبوب في وضع رأسي مملوء بالماء وله صنبور عند قاعدته، وتهتز شوكة رنانة فوق طرفه العلوي. فإذا سُمع رنين عند تخفيض مستوى الماء في الأنبوب بمقدار 17 cm، وسُمع رنين مرة أخرى عند تخفيض مستوى الماء عن فوهة الأنبوب بمقدار 49 cm، فما تردّد الشوكة الرنانة؟

$$49\ \text{cm} - 17\ \text{cm} = 32\ \text{cm}$$

أو

$$0.32\ \text{m}$$

يوجد $\frac{1}{2}\lambda$ بين نقطتي الرنين

$$\frac{1}{2}\lambda = 0.32\ \text{m}$$

$$\lambda = 0.64\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{0.64\ \text{m}}$$

$$= 540\ \text{Hz}$$

58. السمع البشري القناة السمعية التي تؤدي إلى طبلة الأذن عبارة عن أنبوب مغلق طوله 3.0 cm. أوجد القيمة التقريبية لأقل تردّد رنين. أهمل تصحيح النهاية.

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$f = \frac{v}{4L}$$

$$= \frac{343\ \text{m/s}}{(4)(0.030\ \text{m})}$$

$$= 2.9\ \text{kHz}$$

59. إذا أمسكت قضيب ألومنيوم طوله 1.2 m من منتصفه وضربت أحد طرفيه بمطرقة فسيهتز كأنه أنبوب مفتوح، ويكون هناك بطن ضغط عند مركز القضيب؛ بسبب توافق بطون الضغط لعُقَد الحركة الجزيئية. فإذا كانت سرعة الصوت في الألومنيوم 5150 m/s فما أقل تردّد اهتزاز للقضيب؟

طول القضيب يساوي $\frac{1}{2}\lambda$، لذا فإن

$$\lambda = 2.4\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5150\ \text{m/s}}{2.4\ \text{m}} = 2.1\ \text{kHz}$$

60. إذا أنتج أنبوب مفتوح نغمة تردّدها 370 Hz فما ترددات الإيقاعات الثاني، والثالث، والرابع المصاحبة لهذا التردد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(370\ \text{Hz})$$

$$= 740\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(370\ \text{Hz}) = 1110\ \text{Hz}$$

$$= 1100\ \text{Hz}$$

$$f_4 = 4f_1 = (4)(370\ \text{Hz}) = 1480\ \text{Hz}$$

$$= 1500\ \text{Hz}$$

61. إذا أنتج أنبوب مغلق نغمة تردّدها 370 Hz فما تردّد أقل ثلاثة إيقاعات يُنتجها هذا الأنبوب؟

$$3f_1 = (3)(370\ \text{Hz}) = 1110\ \text{Hz} = 1100\ \text{Hz}$$

$$5f_1 = (5)(370\ \text{Hz}) = 1850\ \text{Hz} = 1800\ \text{Hz}$$

$$7f_1 = (7)(370\ \text{Hz}) = 2590\ \text{Hz} = 2600\ \text{Hz}$$

62. ضبط وتر طوله 65.0 cm لينتج أقل تردّد، ومقداره 196 Hz. احسب مقدار:

a. سرعة الموجة في الوتر.

$$\lambda_1 = 2L = (2)(0.650\ \text{m})$$

$$= 1.30\ \text{m}$$

$$v = \lambda f = (1.30\ \text{m})(196\ \text{Hz})$$

$$= 255\ \text{m/s}$$

b. الترددين التاليين لرنين هذا الوتر.

$$f_2 = 2f_1 = (2)(196\ \text{Hz}) = 392\ \text{Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = (3)(196\ \text{Hz}) = 588\ \text{Hz}$$

.63 يمثّل الشكل 21–8 أنبوبًا بلاستيكيًّا مموّجًا مرنًا طوله 0.85 m. وعندما يتأرجح ينتج نغمة ترددها يماثل أقل تردّد ينتجه أنبوب مفتوح له الطول نفسه. فما تردُّد النغمة؟

0.85 m

■ **الشكل 21–8**

$$L = 0.85\ \text{m} = \frac{\lambda}{2},$$

لذا فإن

$$\lambda = 1.7\ \text{m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343\ \text{m/s}}{1.7\ \text{m}} = 2.0\times10^2\ \text{Hz}$$

.64 إذا تأرجح الأنبوب في المسألة السابقة بسرعة أكبر منتجًا نغمة حدّتها أعلى، فما التردد الجديد؟

$$f_2 = 2f_1 = (2)(2.0\times10^2\ \text{Hz}) = 4.0\times10^2\ \text{Hz}$$

.65 إذا كانت سعة موجة ضغط خلال محادثة عادية 0.020 Pa،

a. فما القوة المؤثرة في طبلة أذن مساحتها $0.52\ \text{cm}^2$؟

$$F = PA$$

$$= (0.020\ \text{N/m}^2)(0.52\times10^{-4}\ \text{m}^2)$$

$$= 1.0\times10^{-6}\ \text{N}$$

b. إذا انتقلت القوة نفسها التي في الفرع a كاملة إلى العظام الثلاثة في الأذن الوسطى، فما مقدار القوة التي تؤثر بها هذه العظام في الفتحة البيضية؛ أي الغشاء المرتبط مع العظمة الثالثة؟ علما بأن الفائدة الميكانيكية لهذه العظام 1.5.

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

لذا فإن

$$F_r = (MA)(F_e)$$

$$F_r = (1.5)(1.0\times10^{-6}\ \text{N}) = 1.5\times10^{-6}\ \text{N}$$

c. ما مقدار الضغط الإضافي الذي انتقل إلى السائل الموجود في القوقعة نتيجة تأثير هذه القوة، إذا كانت مساحة الفتحة البيضية $0.026\ \text{cm}^2$؟

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1.5\times10^{-6}\ \text{N}}{0.026\times10^{-4}\ \text{m}^2} = 0.58\ \text{Pa}$$

مراجعة عامة

صفحة 62–61

.66 أنبوب مفتوح طوله 1.65 m. ما نغمة التردّد الأساسي التي ينتجها في الهيليوم عند درجة حرارة 0 °C؟

طول الأنبوب المفتوح يساوي نصف الطول الموجي للتردد الأساسي، وعليه، فإن $\lambda = 3.30\ \text{m}$.

إن سرعة الصوت في الهيليوم تساوي 972 m/s، لذا فإن

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{972\ \text{m/s}}{3.30\ \text{m}} = 295\ \text{Hz}$$

.67 يطير طائر نحو رائد فضاء على كوكب مكتشف حديثًا بسرعة 19.5 m/s، ويُغرِّد بحدّة مقدارها 954 Hz. فإذا سمع الرائد النغمة بتردّد 985 Hz فما سرعة الصوت في الغلاف الجوي لهذا الكوكب؟

$$f_d = 985\ \text{Hz}, f_s = 945\ \text{Hz}, v_s = 19.5\ \text{m/s}$$

$$v = ?$$

$$\frac{f_d}{f_s} = \frac{v}{v - v_s} = \frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}}$$

لذا فإن

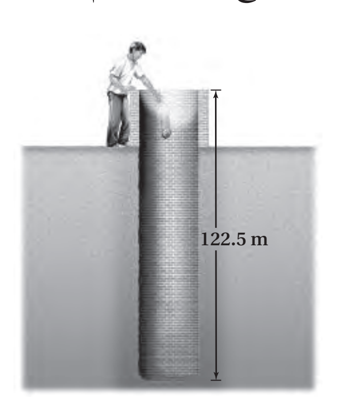
$$\frac{v_s}{v} = 1 - \frac{f_s}{f_d}$$

أو

$$v = \frac{v_s}{1 - \frac{f_s}{f_d}} = \frac{19.5\ \text{m/s}}{1 - \left(\frac{945\ \text{Hz}}{985\ \text{Hz}}\right)}$$

$$= 4.80\times10^2\ \text{m/s}$$

68. إذا ألقيت حجرًا في بئر عمقها 122.5 m كما في **الشكل 22–8**، فبعد كم ثانية تسمع صوت ارتطام الحجر بقاع البئر؟



■ **الشكل 22–8**

احسب أولا الزمن الذي يحتاج إليه الحجر عند سقوطه ليصل إلى قعر البئر بالمعادلة التالية:

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

لذا فإن

$$t = \sqrt{\frac{d}{\frac{1}{2}g}} = \sqrt{\frac{122.5\ \text{m}}{\left(\frac{1}{2}\right)(9.80\ \text{m/s}^2)}}$$

$$= 5.00\ \text{s}$$

يحسب الزمن الذي يستغرقه الصوت عند عودته إلى أعلى بالمعادلة التالية:

$$d = v_s t$$

لذا فإن

$$t = \frac{d}{v_s} = \frac{122.5\ \text{m}}{343\ \text{m/s}}$$

$$= 0.357\ \text{s}$$

الزمن الكلي يساوي

$$5.00\ \text{s} + 0.357\ \text{s} = 5.36\ \text{s}$$

69. تستخدم سفينة موجات السونار بتردّد 22.5 kHz. فإذا كانت سرعة الصوت في ماء البحر 1533 m/s فما مقدار التردّد الذي يصل السفينة بعد انعكاسه عن حوت يتحرك بسرعة 4.15 m/s مبتعدًا عن السفينة؟ افترض أن السفينة ساكنة.

الجزء الأول: من السفينة حتى الحوت

$$v_d = +4.15\ \text{m/s},\ v = 1533\ \text{m/s},$$

$$f_s = 22.5\ \text{kHz},\ v_s = 0$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right)$$

$$= (22.5\ \text{kHz})\left(\frac{1533\ \text{m/s} - 4.15\ \text{m/s}}{1533\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 22.4\ \text{kHz}$$

الجزء الثاني: من الحوت حتى السفينة

$$v_s = -4.15\ \text{m/s},\ v = 1533\ \text{m/s},$$

$$f_s = 22.4\ \text{kHz},\ v_d = 0$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (22.4\ \text{kHz})\left(\frac{1533\ \text{m/s}}{1533\ \text{m/s} + 4.15\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 22.3\ \text{kHz}$$

70. يتحرك قطار نحو نفق بسرعة **37.5 m/s**، ويصدر صوتًا بتردّد **327 Hz**، فيرتد الصوت من فتحة النفق. ما تردّد الصوت المنعكس الذي يُسمع في القطار، علمًا بأن سرعة الصوت في الهواء كانت **343 m/s**؟ *تلميح: حل المسألة في جزأين، افترض في الجزء الأول أن النفق مراقب ثابت، واحسب التردّد. ثم افترض في الجزء الثاني أن النفق مصدر ثابت، واحسب التردّد المقيس في القطار.*

الجزء الأول:

$$v_s = +37.5\ \text{m/s},\ v = 343\ \text{m/s},$$

$$f_s = 327\ \text{Hz}$$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (327\ \text{Hz})\left(\frac{343\ \text{m/s}}{343\ \text{m/s} - 37.5\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 367\ \text{Hz}$$

الجزء الثاني:

$v_d = -37.5\ \mathrm{m/s},\ v = 343\ \mathrm{m/s},$

$f_s = 367\ \mathrm{Hz}$

$$f_d = f_s\left(\frac{v - v_d}{v - v_s}\right) = (367\ \mathrm{Hz})\left(\frac{343\ \mathrm{m/s} - (-37.5\ \mathrm{m/s})}{343\ \mathrm{m/s}}\right)$$

$$= 407\ \mathrm{Hz}$$

التفكير الناقد

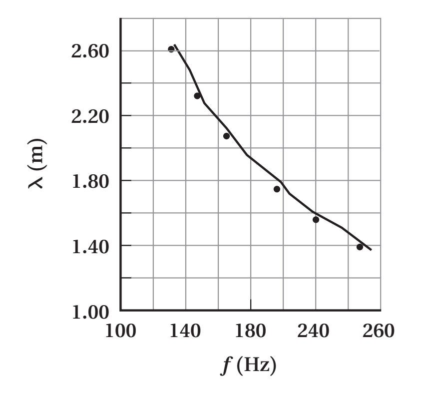
صفحة 62

71. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبين **الجدول 2–8** الأطوال الموجية لموجات صوتية ناتجة عن مجموعة من الشوكات الرنانة عند تردّدات معيّنة.

الجدول 2–8	
الشوكات الرنانة	
الطول الموجي (m)	التردد (Hz)
2.62	131
2.33	147
2.08	165
1.75	196
1.56	220
1.39	247

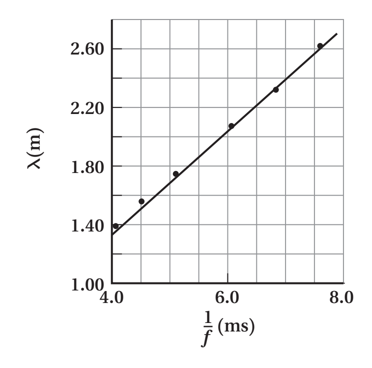
a. مثّل بيانيًّا العلاقة بين الطول الموجي والتردّد (المتغير المضبوط). ما نوع العلاقة التي يبيّنها الرسم البياني؟

يبين الرسم البياني وجود علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي.



b. مثّل بيانيًّا العلاقة بين الطول الموجي ومقلوب التردّد $\left(\frac{1}{f}\right)$. ما نوع العلاقة التي يبيّنها الرسم البياني؟ حدّد سرعة الصوت من الرسم البياني.

يبين الرسم البياني وجود علاقة طردية بين الزمن الدوري $\left(\frac{1}{f}\right)$ والطول الموجي. ويمكن حساب سرعة الصوت من خلال حساب ميل الخيط الموضح في الرسم البياني، والذي يساوي تقريبًا $343\ \mathrm{m/s}$.



72. إعداد الرسوم البيانية افترض أن تردّد بوق سيارة يساوي 300 Hz عندما كانت السيارة ثابتة، فكيف يكون الرسم البياني للعلاقة بين التردّد والزمن عندما تقترب السيارة منك ثم تتحرك مبتعدة عنك؟ صمّم مخطّطًا تقريبيًّا للمسألة.

يجب أن يوضح الرسم البياني ترددًا ثابتًا نوعًا ما أعلى من 300 Hz عندما تقترب السيارة، ويوضح ترددًا ثابتًا نوعًا ما أقل من 300 Hz عندما تبتعد.

73. حلّل واستنتج صف كيف تستخدم ساعة إيقاف لتقدر سرعة الصوت إذا كنت على بعد 200 m من حفرة ملعب جولف، وكان مجموعة من اللاعبين يضربون كراتهم. هل يكون تقديرك لسرعة الصوت كبيرًا جدًّا أم صغيرًا جدًّا؟

تبدأ تشغيل الساعة لقياس الزمن لحظة رؤيتك اللاعب يضرب الكرة، وتوقفها لحظة سماعك صوت الضربة. ويمكن حساب السرعة من خلال قسمة المسافة 200 m على الزمن المقيس. سيكون الزمن المقيس كبيرًا؛ وذلك لأنك تستطيع تحديد لحظة ضرب الكرة بالنظر بدقة، ولكنك لا تستطيع تحديد لحظة وصول الصوت بدقة، ومن ثم تكون السرعة المحسوبة قليلة جدًّا.

74. **تطبيق المفاهيم** وجد أن تردد موجة ضوء قادمة من نقطة على الحافة اليسرى للشمس أكبر قليلاً من تردّد الضوء القادم من الجهة اليمنى. علام يدل هذا بالنسبة لحركة الشمس اعتمادًا على هذا القياس؟

يجب أن تدور الشمس حول محورها بنفس نمط دوران الأرض. ويشير انزياح دوبلر إلى أن الجانب الأيسر من الشمس يقترب نحونا، في حين يبتعد الجانب الأيمن عنا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 62

75. ابحث في استخدام تأثير دوبلر في دراسة الفلك. ما دوره في نظرية الانفجار الكبير؟ وكيف يستخدم في الكشف عن الكواكب حول النجوم، ودراسة حركة المجرّات؟

يجب أن يناقش الطلاب عمل إدوين هابل، والانزياح نحو الأحمر، وتمدد الكون، والتحليل الطيفي، واكتشاف التذبذبات في حركة أنظمة الكوكب– النجم.

مراجعة تراكمية

صفحة 62

76. ما سرعة الموجات المتولّدة في وتر طوله 60.0 cm، إذا نُقر في منطقة الوسط فأنتج نغمة ترددها 440 Hz؟ (الفصل 7)

$$\lambda = 2L = 2(0.600\ \text{m}) = 1.20\ \text{m}$$

$$v = \lambda f = (1.20\ \text{m})(440\ \text{Hz}) = 530\ \text{m/s}$$

مسألة تحفيز

صفحة 52

1. حدّد قوة الشد، F_T، في وتر كتلته m وطوله L، عندما يهتز بالتردد الأساسي، والذي يساوي التردد نفسه لأنبوب مغلق طوله L. عبّر عن إجابتك بدلالة m و L وسرعة الصوت في الهواء v. استخدم معادلة سرعة الموجة في

$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$، حيث تمثل F_T قوة الشد في الوتر، و μ الكتلة لكل وحدة طول من الوتر.

يساوي الطول الموجي الأساسي في الأنبوب المغلق 4L، لذا فإن التردد $f = \frac{v}{4L}$. والطول الموجي الأساسي في الوتر يساوي $2L$، لذا فإن تردد الوتر $f = \frac{u}{2L}$، حيث u هي سرعة الموجة في الوتر

$$u = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$

والكتلة لكل وحدة طول للوتر هي $\mu = m/L$، وبتربيع الترددين وترتيبهما بعلاقة مساواة ينتج

$$\frac{v^2}{16L^2} = \frac{u^2}{4L^2} = \frac{F_T}{4L^2\mu} = \frac{F_T L}{4L^2 m} = \frac{F_T}{4Lm}$$

أخيرًا، بإعادة الترتيب بالنسبة إلى قوة الشد ينتج

$$F_T = \frac{mv^2}{4L}$$

2. ما مقدار قوة الشد في وتر كتلته 1.0 g وطوله 40.0 cm يهتز بالتردد نفسه لأنبوب مغلق له الطول نفسه؟

بالنسبة إلى وتر كتلته 1.0 g وطوله 0.40 m، فإن قوة الشد تساوي

$$F_T = \frac{mv^2}{4L} = \frac{(0.0010\ \text{kg})(343\ \text{m/s})^2}{4(0.400\ \text{m})} = 74\ \text{N}$$